

(2) Japanese Patent Application Laid-Open No. 10-214785 (1998)

**“SEMICONDUCTOR THIN FILM AND DEPOSITION METHOD THEREOF”**

The following is an English translation of an extract of the above application.

5

A crystal structure is kept in good order by depositing a semiconductor thin film physically or chemically, introducing impurity element into the semiconductor thin film and irradiating the semiconductor thin film with a laser light having a wavelength at which resonance absorption with respect to lattice vibration of constituent element occurs, and the  
10 electric carrier is activated by irradiating the semiconductor thin film with a laser light having a wavelength at which resonance absorption with respect to lattice absorption of impurity element occurs.

A crystal 3C-SiC thin film is deposited on a substrate 17 (Si) using a laser CVD method in advance, and N ion is implanted thereinto.

15 The reforming of the semiconductor thin film is carried out by irradiating the thin film in which N ion is implanted with a free electron laser 10.

With a fourier transformation infrared absorption measuring method (FT-IR), a change of its absorption degree is measured as IR absorption spectrum. The result of which is shown in Fig. 3. Here, a sample thin film (●) in which a laser beam for  
20 reforming is not irradiated, N ion implanted thin film (▲) in which N ion is implanted and a laser beam for reforming is not irradiated, and a reforming thin film (○) in which N ion is implanted and a laser beam of  $12.6\ \mu\text{m}$  for reforming is irradiated are shown at the same time, for comparison.

As seen from Fig. 3, as a result of changing a wavelength within a range of 9 to 14  
25  $\mu\text{m}$ , there are peaks seen at  $12.6\ \mu\text{m}$  and  $10.3\ \mu\text{m}$ , respectively. This indicates that

absorption corresponding to TO phonon and LO phonon of SiC, and it is clear from the Fig. 3 that the peak of  $12.6 \mu\text{m}$  widens after ion implantation is performed. It is presumed that a damage layer is formed due to ion implantation and this damage layer causes a widening of the peak. And when the free electron laser light having a wavelength of  $12.6 \mu\text{m}$  is irradiated, the expansion of the peak decreases again in its wavelength. This phenomenon indicates that crystallizability of the damage layer is greatly recovered in its wavelength.

For comparison, the result of irradiating reforming wavelength of  $10.3 \mu\text{m}$ , which is another peak is shown in Fig. 4. In this example, absorption spectrums with respect to the sample thin film (●), the N ion implanted thin film (▲) and the reforming thin film (○) are shown. As seen from Fig. 4, there is no change in expansion of wavelength peak at wavelength of  $12.6 \mu\text{m}$ , therefore it is considered that the damage layer remains due to the implantation of N ion, and that crystallizability of the damage layer is not notably recovered.

As is made clear from the foregoing, it is shown that the SiC thin film material creates a local crystallinity at ambient temperature in response to a strong resonance absorption due to an elongation oscillation of SiO at a specific wavelength at which absorption characteristics of the irradiated laser light reaches its peak.

Next, to observe the activation of electric carrier resulting from impurities which are introduced into the thin film material, a wavelength dependency of electrical characteristics is studied, while changing irradiation wavelength of the free electron laser in the range of  $13\text{-}10 \mu\text{m}$ . Hall effect measurement of the sample after being irradiated with the laser light is carried out. Fig. 5 shows a relationship between carrier concentration obtained by the Hall effect measurement and a Hall mobility's wavelength dependency with respect to an irradiating light wavelength. In Fig. 5, ■ and □ indicate

a change of the carrier concentration and the hole mobility, respectively.

As seen from Fig. 5, as for the carrier concentration, a significant change is seen when the wavelength is in the vicinity of  $10.4 \mu\text{m}$ . This is because a local oscillation of impurities Si-N is excited at a wavelength of  $10.4 \mu\text{m}$ . When an activation rate of the carrier concentration is estimated, it becomes clear that an approximately 100% of activation rate is obtained at the peak position of the ion implantation. Such value cannot be obtained using a conventional heat treatment method.

As discussed above, it is also shown that it is possible to activate the local electric carrier at ambient temperature by irradiating the free electron laser light having a wavelength corresponding to the strong resonance absorption resulting from stretching vibration of Si-N.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 10-214785

(43)公開日 平成10年(1998)8月11日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H01L 21/20

識別記号

F I  
H01L 21/20

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全7頁)

(21)出願番号 特願平9-16363

(22)出願日 平成9年(1997)1月30日

特許法第30条第1項適用申請有り 1996年10月1日~10月4日 社団法人日本物理学会主催の「日本物理学会1996年秋の分科会」において文書をもって発表

(71)出願人 592141592

株式会社自由電子レーザ研究所  
大阪府枚方市津田山手2丁目9番5号

(72)発明者 大山 秀明

枚方市津田山手2丁目9番5号 株式会社  
自由電子レーザ研究所内

(72)発明者 鈴木 敏司

枚方市津田山手2丁目9番5号 株式会社  
自由電子レーザ研究所内

(72)発明者 西 和久

枚方市津田山手2丁目9番5号 株式会社  
自由電子レーザ研究所内

(74)代理人 弁理士 鎌田 文二 (外2名)

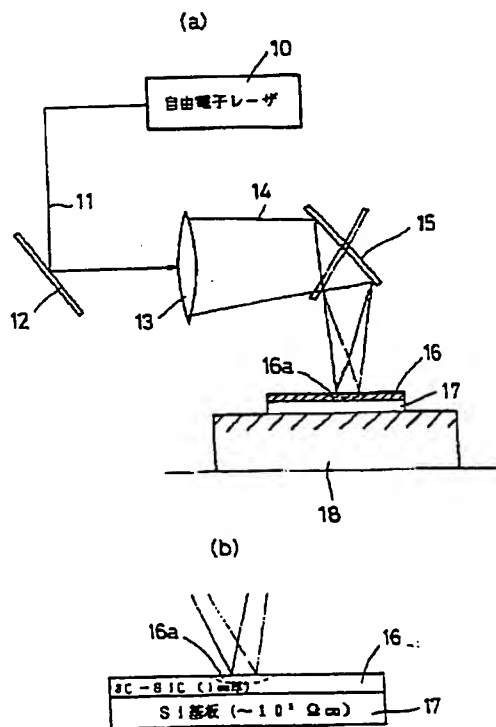
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体薄膜及びその製膜方法

(57)【要約】

【課題】 物理的又は化学的方法により製膜された半導体薄膜をレーザ光の照射により改質して結晶構造の秩序化及び電気的担体の活性化を図ることのできる製膜方法及びこの方法により半導体薄膜を得ること。

【解決手段】 自由電子レーザ10からのレーザ光を可変として半導体薄膜材料16にその構成元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザ光を照射してその結晶構造の秩序化を図ると共に、導入された不純物元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザ光を照射して電気的担体の活性化を図ることにより半導体薄膜を製膜する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物理的又は化学的方法により形成した半導体薄膜に不純物元素を導入した薄膜の構成元素の結晶構造をこの構成元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザー光を照射して秩序化し、かつ不純物元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザー光を照射し局在振動により電気的担体を活性化して成る半導体薄膜。

【請求項 2】 前記半導体薄膜を炭化珪素膜とし、不純物元素を窒素、アルミニウム、又はほう素のいずれかとしたことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体薄膜。

【請求項 3】 物理的又は化学的方法により半導体薄膜を形成してこれに不純物元素を導入し、この薄膜に構成元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザー光を照射し結晶構造を秩序化すると共に、不純物元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザー光を照射して局在振動を励起せしめ電気的担体を活性化することから成る半導体薄膜の製膜方法。

【請求項 4】 前記薄膜の構成元素及び不純物元素の格子振動にそれぞれ共鳴吸収する波長のレーザー光を自由電子レーザーにより選択的に照射することを特徴とする請求項 3 に記載の半導体薄膜の製膜方法。

【請求項 5】 前記自由電子レーザーの照射光が、パルス幅  $10^{-11}$  秒以下、ピークパワー 100 万 W 以上であることを特徴とする請求項 4 に記載の半導体薄膜の製膜方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、半導体材料にレーザー光を照射し、その結晶構造を秩序化し電気的担体を活性化した半導体薄膜及びその製膜方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体材料を物理的又は化学的手段により薄膜として形成し、この半導体薄膜により電子素子を構成する際に、半導体薄膜の乱れた結晶構造を秩序化し再結晶化する、あるいは電気的担体を活性化させる処理方法の 1 つとして、電気炉等を用いて高温の熱処理をする方法が知られている。この方法では炭化珪素のような半導体材料では摂氏 1300℃ 以上の高温とする必要があり、このような高温の熱処理に起因して電極材料の選択幅が狭く、又工程の順番を最適に選択できないなど種々の制約がある。

【0003】 一方、イオン注入された非晶質層をレーザー照射によって単結晶化する試みがレーザーアニール法として提案されて以来、加熱が短時間にできる、表面層の任意の場所だけの加熱ができる、再結晶領域に溶解する不純物の量を多くすることができると、従来の電気炉による加熱とは異なる点に着目して、その後多くの応用研究が行なわれている。

【0004】 このような背景のなかで、低温かつ局所的に同様な熱処理の効果をj得るために上記レーザーアニール

法の応用例の 1 つとして提案された特開平 7-22311 号公報による半導体材料の作製方法が知られている。

【0005】 この方法においては、アモルファス半導体中の炭素、窒素、酸素の濃度を一定以下に低減した状態で所定強度のレーザー光を照射して再現性が良く、高いキャリア移動度を有する半導体薄膜を作製することを提案している。

【0006】 上述した原理的なレーザーアニール法では材料を一旦熔融させるため半導体材料の電気的特性の再現性が悪く、このため上記特許公報によるレーザーアニール法では炭素、窒素、酸素の濃度を一定以下としたアモルファス半導体にレーザー光を照射して材料を熔融させることなく秩序化するとしている。

【0007】 この場合、レーザー光の照射では材料表面は熔融せず、吸収されたレーザー光のエネルギーにより固相成長した固相秩序化領域に非晶質領域が混在した（セミアモルファス化）ものとなり、炭素、窒素、酸素の濃度が低いという条件下であれば高い移動度が得られるとされている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記特許公報によるレーザーアニール法は種々の半導体材料に対して適用できる旨記載されているが、半導体材料はアモルファス化したものであることが条件であるため種々の半導体材料に適用できる訳ではなく、根本的な解決方法ではない。

【0009】 又、半導体材料に対するレーザー光の発振条件は明確でなく、材料に対するレーザー光の吸収長さがその波長に依存するため、紫外線レーザーであるエキシマレーザー、可視光の YAG レーザー、あるいは赤外域での赤外線レーザーからその材料に最適なレーザーを選択しなければならない。

【0010】 さらに、上記特許公報によるレーザーアニール法ではレーザー照射して改質された半導体材料はセミアモルファス化されたものであるから、固相秩序化領域と非晶質領域が混在するため、材料の全領域にわたって結晶構造が均質に秩序化されたものではなく、不純物元素を含む結晶構造では移動度についてさらに改善する余地がある。

【0011】 この発明は、上記のような従来のレーザーアニール法における種々の問題に鑑みて、物理的又は化学的方法により製膜された半導体薄膜をレーザー光の照射により薄膜を熔融することなく改質して結晶構造の秩序化を図り、かつ電気的担体の活性化を図ることのできる製膜方法とこの方法により半導体薄膜を得ることを課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】 この発明は、上記課題を解決する手段として、物理的又は化学的方法により半導体薄膜を形成してこれに不純物元素を導入し、この薄膜

10

20

30

40

50

に構成元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザ光を照射し結晶構造を秩序化すると共に、不純物元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザ光を照射して局在振動を励起せしめ電気的担体を活性化することから成る半導体薄膜の製膜方法としたのである。

【0013】そして、上記方法によって、物理的又は化学的方法により形成した半導体薄膜に不純物元素を導入した薄膜の構成元素の結晶構造をこの構成元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザ光を照射して秩序化し、かつ不純物元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザ光を照射し局在振動により電気的担体を活性化して成る半導体薄膜を得るようにしたものである。

【0014】上記半導体薄膜の製膜方法において、物理的又は化学的方法により半導体薄膜を形成する方法は、例えばスパッタ法などによる物理的方法、あるいはレーザCVDなどによる化学的方法のように周知の方法であり、そのいずれでもよい。

【0015】又、上記製膜方法においては、電気炉等による高温の熱処理で材料全体を溶かし熱平衡状態を経て乱れた原子を再構成させたり、所望の格子位置に原子を配置するのではなく、構成元素の格子振動に共鳴吸収するレーザ光を照射して、材料を熔融することなく格子振動を直接励起して結晶構造を秩序化し薄膜材料の改質を図る。これにより薄膜材料の電気的特性の再現性が向上する。

【0016】一方、半導体薄膜に導入された不純物元素が本来の構成元素の位置からずれた位置に入ったままではドーパントが不活性となり電気的特性が向上しない。これを解消するため、この製造方法では上記構成元素の格子振動とは異なる不純物元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザ光を照射することにより電気的担体の活性化を図っている。この場合、構成元素と不純物元素のいずれの格子振動に対応する波長のレーザ光を先に照射してもよくその順序は問わない。

【0017】以上のようにしてレーザ光を照射して半導体薄膜を製膜する際に、結晶構造の改質と電気的担体の活性化を図ることができる理由は次の通りである。図7に半導体材料の原子構造のモデルを示す。図中の符号1、2は構成元素、3は材料中でその格子位置からわずかにずれた位置にいる原子を示している。例えば材料がSiC（炭化珪素）の場合、構成元素1、2のいずれかがSi、あるいはCである。

【0018】(1) 上記SiCの材料で3の原子が構成元素であればSi又はCのいずれかであり、このとき隣接する原子との格子振動モードはSi-C特有の振動モードであり、この振動に対応した波長のレーザ光（12.6 $\mu$ m、10.3 $\mu$ m）が照射されることにより、本来の格子位置からずれた位置にある乱れた元素が揺さぶられて本来の格子位置に入り、その結果結晶が再構成され秩序化されて再結晶化が実現する。

【0019】(2) 一方、3の原子が電気的担体を供出する不純物原子であれば、この原子3として例えばN、Al、Bなどが来る。このとき、隣接する原子との格子振動モードは、Nの場合Si-N特有の振動モードであり、この振動に対応する波長のレーザ光（10.4 $\mu$ m）が照射されることにより、本来の格子位置からずれた位置にある乱れた原子が揺さぶられて本来の格子位置に入り、このときは結果として結晶が再構成され、電気的担体の活性が図られる。

【0020】なお、上記方法に用いられるレーザ光は格子振動に対応する波長のレーザ光であり、それぞれの半導体薄膜材料に固有な波長のレーザ光でなければならないから、予めその固有な波長を特定しておく必要があり、このような状況では発振波長に制約がない点で自由電子レーザが最適な光源であるが、予め自由電子レーザで上記固有な波長が特定されれば、それぞれの波長のレーザ光を、例えば半導体レーザのような発振波長が特定の他の形式のレーザを用いてもよい。

【0021】

【実施の形態】以下、この発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0022】図1は半導体薄膜の製膜装置の概略を示す。なお、この実施形態では基本となる半導体薄膜は一般的な薄膜製造方法によりSi基板上に製膜されたものとし、その詳細は周知であるから図示、説明は省略する。

【0023】10は自由電子レーザ、11はこのレーザで発生した自由電子レーザ光であり、反射ミラー12で曲げられ、ZnSeレンズ13で収束光14として集光された後スキャンニング用のガルバノメータミラー15により反射されて照射試料である半導体薄膜16上に改質部分16aの範囲にわたって照射される。17はSi製の絶縁基板、18はステージ板である。

【0024】自由電子レーザ10の詳細は図示省略するが、電子銃で発生した電子ビームを加速器で光速近くに加速してウイグル磁石などから成る周期磁場発生手段中を通過させ、その磁界との相互作用で誘導放射される光を反射ミラー間で反復増幅して所定波長のレーザ光を発生させる方式のものである。そのレーザ光の発生原理上、磁場強度や磁石ピッチ、あるいは電子ビームエネルギーなどを調整することにより赤外線領域から紫外線、X線領域まで自由に波長を可変とすることができる方式のレーザ発生装置である。

【0025】ガルバノメータミラー15は、反射ミラーを任意の角度に自由に回転させる方式のものであり、その他の部材については説明するまでもない。なお、この実施形態の装置は予めステージ板18上の基板17上に作製された半導体薄膜の改質を目的としており、これに直接関連する構成のみを示している。半導体薄膜自体の作製は、例えばスパッタ法のような物理的な手段、ある

いはレーザCVD法のような化学的手段により行なうものとし、これらは公知のものであるから、詳細は省略する。

【0026】実際の自由電子レーザ10で得られるレーザ光は、ビーム径が大略50mmφ、ZnSeレンズ13は焦点距離10インチ、レンズの直前にはアパーチャが挿入され、ガルバノメータミラー15で試料上に照射されたレーザビームの径は略600μmφである。

【0027】以上のような装置により半導体薄膜の改質を次のようにして行なった。基板17(Si)上にレーザCVD法により予め結晶3C-SiC薄膜を製膜し、これにNをイオン注入した。なお、イオン注入装置も公知のものであり、詳細は省略する。このNイオン注入薄膜に自由電子レーザ10を照射して半導体薄膜の改質を行なったのであるが、その時の自由電子レーザ10の照射条件は次の通りである。

【0028】即ち、パルス幅~10ps、マイクロパルスのパワ密度~180MW/cm<sup>2</sup>、なお、このレーザビームの詳細については図2に示しており、マイクロパルス~10psから成る幅20μsのマクロパルス光を100msの間隔で照射するというものである。又、照射領域は2mm四方で、マクロパルス3000ショット(5分間)が照射されるようにしたから、200μmφのビーム径で3000ショットスキニングすると面積で0.942cm<sup>2</sup>照射したことになり、単純には照射領域を万遍なく照射することになる。

【0029】以上の照射条件でレーザ光を照射し、まず薄膜の結晶構造を秩序化して電気的特性の再現性の向上を図った。フーリエ変換赤外吸収測定法(FT-IR)により、その吸収度の変化をIR吸収スペクトルとして測定した。その結果を図3に示す。図中には比較のため改質用レーザ光を照射しない試料薄膜(●)、Nイオンを注入し改質用レーザ光を照射しないNイオン注入薄膜(▲)、Nイオン注入し改質用の12.6μmのレーザ光を照射した改質薄膜(○)とが同時に示されている。

【0030】図において、波長を9~14μmまで変化させた結果12.6μmと10.3μmにそれぞれピークが見られるが、これはSiCのTOフォノンとLOフォノンに対応した吸収を示しており、図からイオン注入後に12.6μmのピークが広がっていることが分る。これは、イオン注入によりダメージ層が形成され、それによってピークが広がったものと推定される。そして、自由電子レーザ光を波長12.6μmとして照射するとこの波長においてピークの広がり再び減少しており、これはダメージ層の結晶性がこの波長において大きく回復したことを示す。

【0031】一方、比較のため改質波長をもう1つのピークである10.3μmで照射したときの結果を図4に示す。この例でも試料薄膜(●)、Nイオン注入薄膜(▲)と、波長10.3μmでの改質薄膜(○)に対す

る吸収スペクトルを示している。図から分るように、この例では波長12.6μmでの波長ピークの広がりの変化は見られず、Nをイオン注入したことにより生じたダメージ層が残ったままで、ダメージ層の結晶性は顕著に回復していないと考えられる。

【0032】以上から、このSiC薄膜材料は照射されたレーザ光の吸収特性がピークとなる特定波長でSiCの伸長振動による強い共鳴吸収に対応して室温で局所的な結晶化ができることが示された。

【0033】次に、薄膜材料中に注入される不純物による電気的担体の活性化を見るために、自由電子レーザの照射波長を13~10μmに変化させて電気的特性の波長依存性を検討した。レーザ光を照射後の試料のホール効果測定を行い、これによって得られたキャリア濃度とホール移動度の照射光波長に対する波長依存性の関係を図5に示す。図中の■はキャリア濃度の変化、●はホール移動度を示す。

【0034】図から分るように、キャリア濃度は波長13.4μm前後に大きな変化が見られる。これは波長13.4μmで不純物の局所振動Si-Nを励起しているためである。キャリア濃度の活性化率を見積ると、イオン注入のピーク位置でほぼ100%の活性化率が得られることが明らかになった。このような値は従来の熱処理法では全く得られない。

【0035】以上から、Si-Nの伸縮振動による強い共鳴吸収に対応した波長の自由電子レーザ光を照射することにより室温で局所的な電気的担体の活性化ができることも示された。

【0036】さらに、薄膜材料6H-SiCについて自由電子レーザ光の照射による効果を測定した。結晶SiCは多くの結晶型を有し産業上用いられているが、そのうちの6H-SiCを用いて同様な測定を試みた。具体的にはSi基板17上にp型(5×10<sup>11</sup>cm<sup>-3</sup>)6H-SiCをレーザCVDにより製膜し、その上にn型(5×10<sup>11</sup>cm<sup>-3</sup>)6H-SiC単結晶薄膜を製膜したものを用意した。

【0037】そして、この単結晶薄膜に、室温でNをイオン注入した。注入条件は注入エネルギーで200KeV、注入ドーズ量は5×10<sup>11</sup>cm<sup>-2</sup>である。利用した自由電子レーザを含む装置は先の測定で用いたものと同じであり、同じパルス幅、同じパルスパワ密度の自由電子レーザ光を同一光学系を経て対象の薄膜に照射した。

【0038】この薄膜材料においても、図示省略しているが、自由電子レーザの照射による吸収波長のピークは先の薄膜材料と同じ12.6μmであった。

【0039】その後電気的特性の波長依存性に基づく処理として、不純物元素(N)の格子振動波長10.4μmのレーザ光を照射し、その特性評価としてフォトルミネッセンス測定を行なった。図6に上記レーザ光による改質処理をした薄膜材料に対するフォトルミネッセンス

測定結果を示す。測定用の励起光として波長  $325\text{ nm}$  の  $\text{He-Cd}$  レーザを用いて測定を行なった。測定温度は  $10\text{ K}$  である。

【0040】この測定において  $6\text{H-SiC}$  の典型的なドナー・アクセプタのペア発光が観察された。図において、(a) は  $10.4\text{ }\mu\text{m}$  レーザ光を照射した場合、(b) は比較例であり、 $\text{N}$  イオン注入したが  $10.4\text{ }\mu\text{m}$  レーザ光は非照射の場合である。(a) の場合に光子エネルギー (eV) = 波長に対する発光強度が特定値で特に急増しているのが分る。これは上記  $10.4\text{ }\mu\text{m}$  レーザ光の照射により  $\text{SiC}$  中の不活性であった  $\text{N}$  が活性化したためと考えられる。また、このフォトルミネッセンス照射による発光強度の変化には波長依存性があることも示しており、不純物元素  $\text{N}$  の格子振動に共鳴する波長  $10.4\text{ }\mu\text{m}$  の振動を直接励起していることを示している。

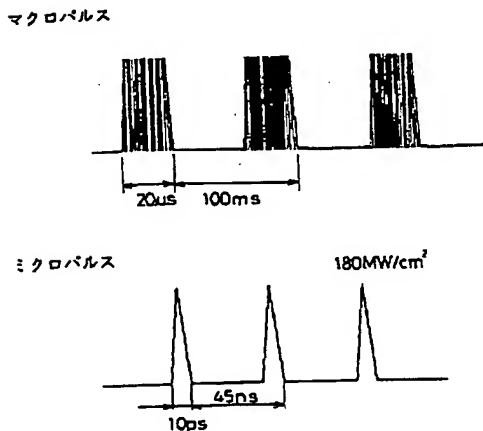
【0041】以上から、この例でも  $\text{Si-N}$  の伸縮振動による強い共鳴吸収に対応したレーザ光を照射することにより特に、室温で局所的な  $6\text{H-SiC}$  中の不純物の活性化が実現できることが理解される。

【0042】なお、上記各薄膜材料の特性測定ではレーザ光として自由電子レーザを用いてレーザ光を可変とすることにより  $12.6\text{ }\mu\text{m}$ 、 $10.3\text{ }\mu\text{m}$ 、 $10.4\text{ }\mu\text{m}$  のそれぞれの波長のレーザ光を照射するとして、各薄膜材料ごとに特定の波長のレーザ光を照射する場合、予め測定によって共鳴吸収波長が分った後はその特定波長のレーザ光を照射できるレーザであれば自由電子レーザでなくとも他のレーザ方式のものでもよい。

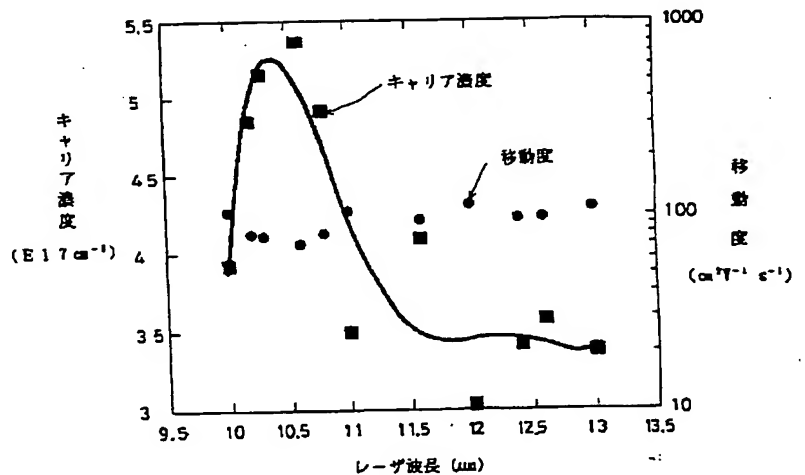
【0043】又、不純物として  $\text{N}$  イオンを注入する例を示したが、 $\text{N}$  イオンに代えて  $\text{Al}$ 、 $\text{B}$  のいずれかのイオンを注入するとしてもよい。

【0044】

【図2】



【図5】



【発明の効果】以上詳細に説明したように、この発明の半導体薄膜の製膜方法は薄膜の構成元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザ光の照射により結晶構造の秩序化を図ると共に、不純物元素の格子振動に共鳴吸収する波長のレーザ光の照射で電氣的担体の活性化を図るとしたから、この製膜方法により得られる薄膜は結晶構造の秩序化により電氣的特性の再現性が向上し、かつ電氣的特性そのものも向上するという顕著な効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態の半導体薄膜製造装置の概略構成図

【図2】自由電子レーザのパルス構造の説明図

【図3】半導体薄膜材料  $3\text{C-SiC}$  のレーザ (波長  $12.6\text{ }\mu\text{m}$ ) 照射前後の赤外吸収スペクトル図

【図4】半導体薄膜材料  $3\text{C-SiC}$  のレーザ (波長  $10.3\text{ }\mu\text{m}$ ) 照射前後の赤外吸収スペクトル図

【図5】半導体薄膜材料  $3\text{C-SiC}$  のレーザ照射後の電氣的担体濃度と移動度のレーザ波長依存性を示す図

【図6】半導体薄膜材料  $6\text{H-SiC}$  のレーザ (波長  $10.4\text{ }\mu\text{m}$ ) 照射前後のフォトルミネッセンススペクトル図

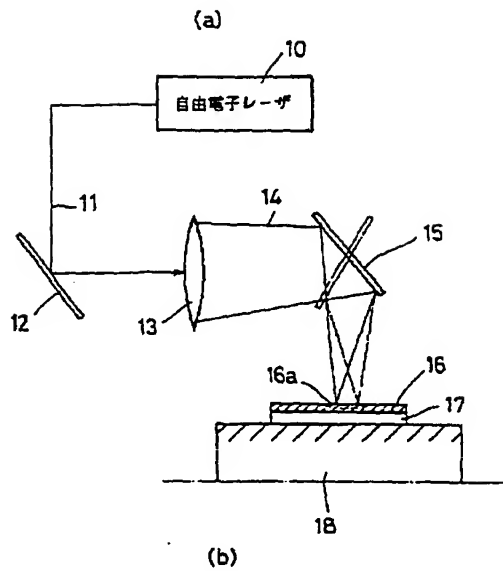
【図7】モデル化した原子構造による結晶構造の秩序化と電氣的担体の活性化の説明図

【符号の説明】

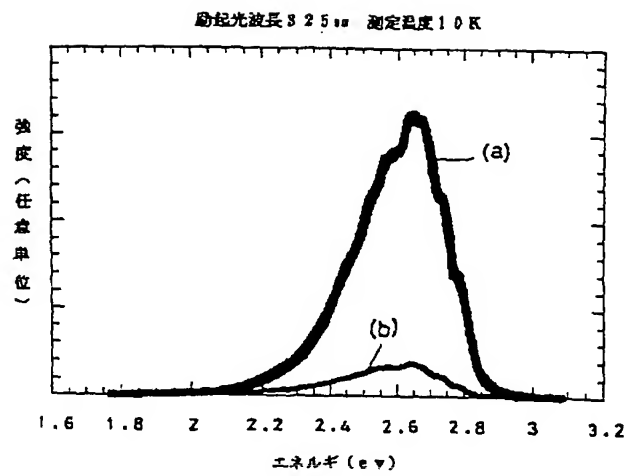
- 10 自由電子レーザ
- 11 自由電子レーザ光
- 12 反射ミラー
- 13  $\text{ZnSe}$  レンズ
- 14 収束光
- 15 ガルバノメータミラー
- 16 半導体薄膜
- 17 絶縁基板
- 18 ステージ板



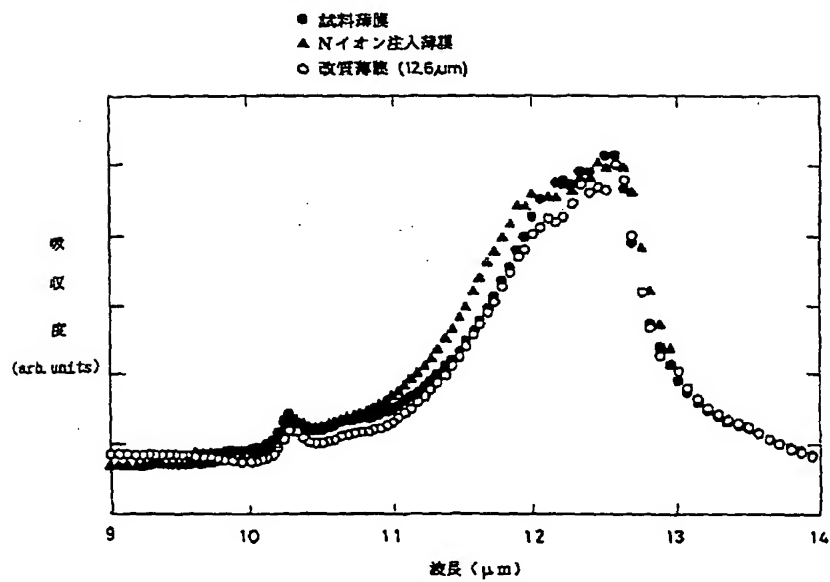
【図1】



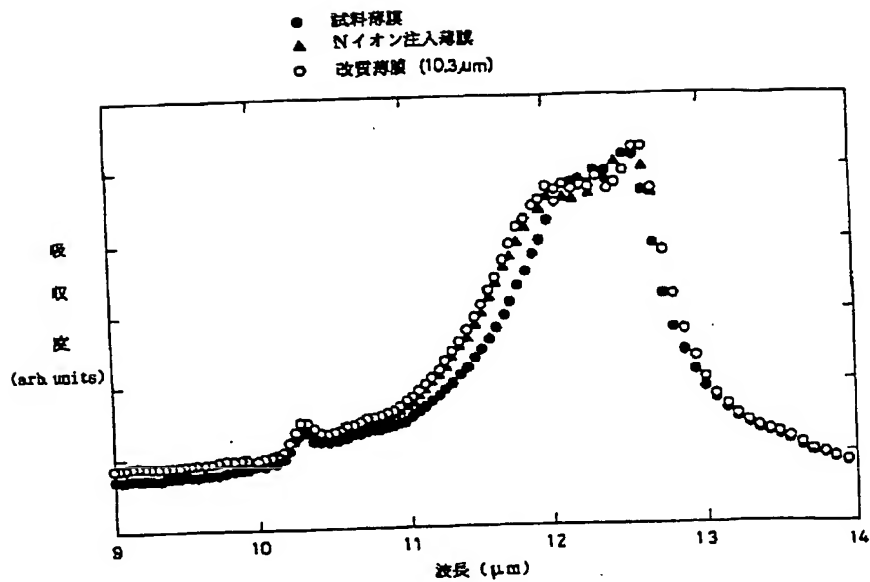
【図6】



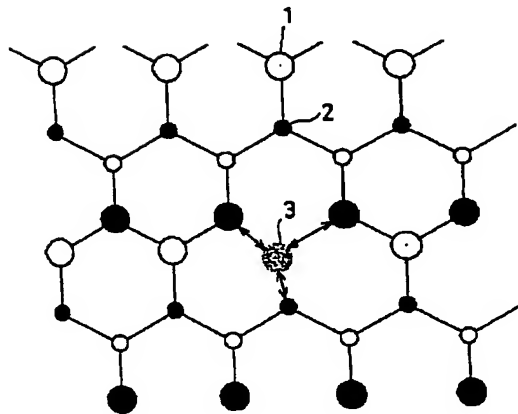
【図3】



【図4】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 三露 常男  
枚方市津田山手2丁目9番5号 株式会社  
自由電子レーザ研究所内
- (72)発明者 冨増 多喜夫  
枚方市津田山手2丁目9番5号 株式会社  
自由電子レーザ研究所内